

KASOZAI

INFORMATION

No.27

2016年
(平成28年)
11月発行

CONTENTS

■ 可塑剤工業会 新会長インタビュー

**中国、東南アジアの工業会と連携
欧米に「アジアの意見」として
安全性を主張していきたい！** ——— P 1

可塑剤工業会 会長
株式会社ジェイ・プラス代表取締役社長

山口 慎吾

■ 世界各地での

フタレート規制の現状 ——— P 6

■ グリーンプラスティサイザー

開発研究フォーラム 2016 (上海) に出席 ——— P 11
— 中国増塑剤工業協会との交流を再開 —

■ DEHP 優先評価化学物質から

一般化学物質への移行に向けての活動 ——— P 15
— PRTR 届出量算出適正化への取り組み —

■ KASOZAI COLUMN

高分子の耐熱性を向上させる逆可塑剤 ——— P 17
大阪大学大学院理学研究科高分子科学専攻 講師 浦川 理

■ 可塑剤工業会通信【DATA BOX】調査データ

フタル酸エステル類の環境濃度調査結果 ——— P 19

可塑剤工業会

JPIA

可塑剤工業会
新会長
インタビュー

可塑剤工業会
会長
山口 慎吾

中国、東南アジアの工業会と連携 欧米に「アジアの意見」として 安全性を主張していきたい!

本年5月に就任した当工業会の山口慎吾会長（株式会社ジェイ・プラス代表取締役社長）に、新会長としての抱負や目標、フタル酸エステル安全性問題に対する取り組み、可塑剤市場の展望などを率直に語っていただきました。



（やまぐち・しんご）昭和35（1960）年6月7日、愛媛県生まれ。56歳。昭和58（1983）年3月、一橋大学社会学部卒業。平成4（1992）年、三菱油化株式会社（現・三菱化学株式会社）入社。平成14（2002）年、サンダイヤポリマー株式会社、平成15（2003）年、三大雅精細化学品（南通）有限公司 副総経理、平成20（2008）年、オキソ・アクリレート事業部、平成23（2011）年、三菱化学タイランド社 社長、平成25（2013）年、寧波三菱化学有限公司 総経理、平成27（2015）年、株式会社ジェイ・プラス 代表取締役 営業本部長、平成28（2016）年、株式会社ジェイ・プラス 代表取締役 社長

60年の歴史は「安全性追求の歩み」 地道な積み上げが信頼につながる

——可塑剤工業会会長に就任されたご感想と抱負をお聞かせください。

2008年から2011年までの3年半、三菱化学株式会社でオキシアルコール事業管理や輸出業務に従事しました。可塑剤メーカーにオキシアルコールを販売する立場でしたが、その間、可塑剤を取り巻く環境の変化など、つぶさに見てきました。

その後、タイ、中国での4年間の海外勤務を経て、2015年から株式会社ジェイ・プラス営業本部長、翌2016年3月にジェイ・プラス社長に就任し、同年5月、可塑剤工業会会長に就任しました。

オキシアルコールの販売という立ち位置から可塑剤を見ていましたが、ジェイ・プラスに来てみて、改めて、欧米でのフタレート規制、あるいは自主規制が広がっていること、また、それに伴って世界では可塑剤の構成が随分変わってきたなという印象を受けました。需要量で見ると世界ではDEHPもDINPも増加していますが、そこにDOTPというノンフタレートが加わり、4年間で、随分市場は大きくなっています。

日本では、RoHS2などの影響でDEHPからDINPへのシフトはあるものの、依然としてDEHPのシェアが大きく、他国と比べると大きな変化がみられません。たとえば、DOTPの需要量は非常に少ないのが現状です。日本のマーケットが遅れていて、ガラパゴス化しているように見えるのですが、実はそうではなく、可塑剤工業会を中心にDEHPの安全性を主張。また、お客様や最終消費者にもその主張をしっかりと受け止めていただき、より安全に、安心してご使用いただく、化審法においても科学的にご判断いただくよう情報を提供する。

そういった積み重ねの結果が現在の姿であると考えています。

可塑剤工業会（JPIA）は、1957（昭和32）年に設立され、来年には60周年を迎えます。60年にわたる工業会の活動の歴史は「安全性の追求の歩み」であるといっても決して過言ではありません。発ガン性、内分泌かく乱作用や生殖毒性などの有害性を疑われましたが、これに対し、調査、研究を進め、科学的なデータをもとに皆様が納得できるように反論し啓発してきた歴史であります。

ところで、可塑剤の使われる軟質塩ビは安価であり、耐久性、加工性、難燃性、リサイクルといった面で、バランスのとれた優れた樹脂です。自分の周りを見渡してみても自宅やオフィスの壁、床、防水シート、自動車の部品やコーティング剤、電線被覆材、食品用フィルムなど、生活に身近なところに多く使われています。

優れた樹脂として、広く使用されているのは、これまでの安全性追求へのひた向きの努力の賜物と言えるのではないのでしょうか。

JPIAは、国内では、経済産業省のご指導や塩ビ関係諸団体のご協力をいただき、積極的に活動を進めてきました。また、海外においても欧米や中国、東南アジアの工業会と緊密に連絡を取り合いながら安全性を追求してきました。こうした安全性の究明と啓発運動は今後も継続し、化審法においてDEHPが「一般化学物質」と判断されることを待ちたいと思っています。また、欧米に対しても中国増塑剤工業協会などと協力し、アジアの意見として、フタレートの安全性を主張していきたいと考えています。

海外の可塑剤マーケットは 新興国を中心に着実に伸長

——最近の可塑剤市場の動向と今後の展望をお聞かせください。

2015年暦年の国内需要はDEHP、DINPの汎用フタレート合計で対前年比6%減です。

DEHPは壁紙、床材、フィルムなどで需要が落ち込みました。一方、DINPは軽四を除く自動車の生産が堅調であったこと、電線、コンパウンド、壁紙用途でDEHPからDINPへ一部シフトしたこともあり、ほぼ横ばいで推移しました。

2015年暦年のフタレートの需要量は、輸入品も含めて24万トン。長い目で見るとこの10年間で25%需要が縮小しましたが、これは住宅着工件数や自動車生産

台数とほぼリンクしているため、本年も住宅や自動車次第ということになると思われます。長期的には徐々にシュリンクしていくことが免れない市場だと考えています。

だからといって、可塑剤の需要が無くなるわけではありません。軟質塩ビは先に述べたように優れた樹脂であるので可塑剤も軟質塩ビとともにしっかり残っていきます。

一方、海外に目を転じると、可塑剤マーケットは新興国を中心に着実に伸長しています。ある調査によると、2014年の可塑剤の世界需要は800万トン。年率4%弱増加し、2019年には1000万トンを超す勢いです。新興国の中でも中国の需要はすでに世界需要の40%を超えています。

DEHPの2014年の需要量は310万トンですが、今後中国はじめ新興国で需要が増加するので、年率2%程度需要量は増えていきます。DINPは140万トンが年率4%弱、DOTPは100万トンが年率8%で増加すると予想されています。規制の影響で、とくにDOTPの伸長が際立っていますが、DEHPも新興国を中心に堅実な需要の増加となっています。

DEHPは国内では化審法リスク評価待ち EUでは厳しい規制!

——環境規制の動向についてお聞かせください。

<日本>

化審法はスクリーニング段階からリスク＝ハザード×暴露で評価し、196の優先評価物質の中にDEHPが指定されています。昨年、2018年までの第二種特定化学物質指定の審議スケジュールが公表されましたが、DEHPはリスクの優先順位が低く、予定に入っていません。

仮に審議されたとしても、CERI（一般財団法人化学物質評価研究機構）の化審法一次リスク評価相当の評価結果ではリスク懸念箇所がほとんどないと結論付けられています（<http://www.kasozai.gr.jp/news35.html>）。ここで使用したDEHP排出量は2009年PRTR届出量であり、それ以降PRTR届出量が大きく低下していることから、現時点ではさらにリスクが下がっているものと思われます。

また、これまでの審議結果では、EUのREACHでSVHCに指定された物質が日本では優先評価物質から一般化学物質に戻されるという結果も出てきていることから、あくまで化審法に基づいた判断がなされています。そういった点からもDEHPが第二種特定化学物質に指

定される可能性は極めて低いと考えています。

< EU >

REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) の仕組みは化審法と違って、ハザードだけでSVHC (Substances of Very High Concern 高懸念化学物質) を指定。SVHC に指定された物質は認可対象物質となって認可申請がなければ使用禁止となります。使用禁止を免れるため認可申請がされるとそこで初めて暴露を加味して、どういう用途に認可するかどうかを判断するという仕組みになっています。

DEHP は生殖毒性で認可対象物質になり、DEHP メーカーが認可を申請しています。しかし、Sunset date が過ぎて1年半が経つのに、まだ判断がなされない。いつ判断が下りるかもわからない状態になっています。

判断がされていない中で、成形品に対する4種フタレート (DEHP、BBP、DBP、DIBP) に対する制限提案がデンマークとECHA (欧州化学品庁) から提案されました。家の中で使用されるすべての成形品に対し「4種フタレートは0.1wt%未滿を滿たさねばならない」。つまり、家の中で使われるものには4種フタレートは使用禁止ということになります。この提案は一度合理性がないため廃案になったデンマークの制限提案とあまり変わらないものですが、デンマークはフタレート排除の一環として、この提案を執拗に繰り返しています。

REACH では、さらにデンマークがDEHPをEDC (内分泌かく乱物質) でSVHCに指定するという提案が出されています。

RoHS2では4種フタレートに対する規制が決定し、2019年から電気電子機器の中の4種フタレートが0.1wt%未滿に規制されます。

DEHPについては、REACHで認可物質にしたものをRoHSでさらに規制をかける。どういう用途に認可するか決まらない内に制限物質の規制を掛ける。そうかと思えばEDCでSVHCにしようとする。またDINPについてもデンマークが生殖毒性のCLP分類を「IB」にしようとする提案している。これが認められれば、ほぼ自動的にSVHCを経て認可対象物質となってしまいます。

科学的根拠に基づかない過剰な規制は不要) アジアの声を世界に発信!

——JPIAの今後の活動についてお教えてください。

DEHP、DINPに対する規制に対し、国内においては

安全性の検証・リスクの低減に取り組んでいきます。いいものを安心して安全に使うことを推進していきたい。また、海外においては過剰な規制に対し、科学的な反論をしていくとともに、フタレートの最大の需要地であるアジアの意見として発信していきたいと考えています。

< 日本での取り組み >

DEHPの生殖毒性については、マーモセット(霊長類)の実験結果から、ラット(げっ歯類)で得られた結果をヒトに適用するのは間違い、種差を勘案すべきである旨の主張をしてきました。

昨年、この主張を裏付ける新たな検証結果が加わりました。

LRIプロジェクト(日米欧の化学工業会の事業)の実験で、キメラマウス(ヒトの幹細胞を移植した肝機能を持つマウス=ヒトに近い肝機能を持つ)と通常のマウスでDEHPを与えた時の代謝物排出の経時測定を実施しました。すると、キメラマウスの方が代謝物の体外への排出が明らかに早いことが判明。この結果から、ヒトにおいては腸肝循環をするラットと違い、DEHPの体内での暴露時間が短く、明らかに種差があることが裏付けられました。

近年、欧米ではDEHPだけではなく、DINPも規制対象にしようという動きがありますが、JPIAとしては、先手を打ってDINPでも種差を検証することに着手。LRIプロジェクトを担当された昭和薬科大学、山崎教授のご指導の下、キメラマウスを使って実験し、DEHPと同様の結果が得られるものと考えています。

暴露について述べると、日本では環境省が環境モニタリングを定期的実施していますが、JPIAでもCERIに委託して独自の環境モニタリングを1993年から実施(P19の「環境濃度調査結果」参照)。全国の主要な河川や湖、湾岸で、DBP、DEHP、DINPのデータを収集。結果は大半が検出限界以下と高いレベルの排出コントロールがされていることが証明されています。つまり、可塑剤の製造者や使用者であるメーカーから環境に垂れ流されないようキチンと管理されているということです。このデータは、海外の関係者に見せると「本当か」と疑われるほど安全性の高いレベル。こういったモニタリングは引き続き実施し、リスクが上がっていないかどうかのチェックを行っていきます。

一方、DEHPの環境への排出という点では、PRTR法で各事業者が排出量を届け出しています。これも暴露がコントロールされているかどうかチェックできるデータですが、JPIAでは排出量の多い事業者にお伺いし、データの妥当性の確認をさせていただいています。実

際に、複数の事業者で誤った過大な排出量の計算がされており、正確な数値への是正をお願いしました。その結果、DEHPが化審法で優先評価化学物質に選定された2011年はクラス3（100トン～1000トン）でしたが、2014年のPRTR届出量はクラス4（10トン～100トン）まで下がりました。

ちなみに、当時も現在も環境モニタリングデータはほとんどが検出限界以下でした。

リスク＝ハザード×暴露。暴露がキチンとコントロールされていれば、リスクは低い状態を維持できます。JPIAとしては、こういう活動を通じて事業者に安全に使用していただき、最終消費者にも「安心して使ってください」と言えるような状況を作り出していきたいと考えています。

こういったJPIAの活動は、経済産業省からのご指導や、塩ビ工業・環境協会、日本ビニル工業会、電子情報技術産業協会などの業界団体のご協力を得ながら、取り進めています。

<海外での取り組み>

欧米ではECPI（欧州可塑剤工業会）、ACC（米国化学工業会）とパブコメの内容などを含め情報を共有化しています。アジアでもAVC（東南アジアビニル工業会）、CPIA（中国増塑剤工業協会）と同様の取り組みを行っています。

ただ、欧州の規制をみていると、どうも冷静に手順を踏みながら規制を進めているようには見えません。これは北欧では環境団体が一定の支持を得ており、強力でプッシュしているという事情があるのでしょうか、一方でハザードだけで規制の大勢が決まってしまう制度そのものが持つ特性が背後にあるからだと思います。

<EUへの反論>

従来からJPIAはDEHPの生殖毒性はラットとヒトで大きな種差があるため、ラットの結果で規制の基準にすることはできないということを主張していましたが、欧州可塑剤工業会（ECPI）では受け入れられませんでした。しかし、規制案が次々と提案される中で、種差以外の論点でも規制案の矛盾を明らかにしようという動きがECPIからも出てきました。

たとえば、DEHPを含む4種フタレートの制限提案では、以下のことなどでECPIと歩調を合わせて反論していくことになります。

- 規制案の根拠であるバイオモニタリングの時期が規制前（認可申請とRoHS 2の決定）のデータであり、規制後の管理状況をチェックするという原則から逸脱。
- 科学的根拠のない集積暴露（4種フタレートの合

計でリスクを見る）手法を導入。

- 主要な暴露経路が食物でなく成形品から経皮吸収するというシナリオになっている。

DEHPをEDCでSVHCに指定しようとする提案もEDCの管理基準が世界的に固まっていないので現段階では評価に値しない。

また、DINPの生殖毒性のCLP分類についても提案の根拠がないことを共同歩調で反論していくつもりです。

<米国>

米国ではこの間、州独自の化学物質への規制がされてきました。とくにカリフォルニア州ではProp65という法律の中でDEHPは発ガン性と生殖毒性、DINPが発ガン性で表示義務が課されました。発ガン性についてはコーヒーやピクルスと同じカテゴリーで、そういった低い強度ではありますが、規制を機に、業界（ホームセンターなど）の自主規制が強まり、地域的にフタレートの需要が減っています。

そんな中、本年6月22日、40年ぶりにTSCAが改正されました。

改正TSCAでは、2016年末までに10物質、2019年末までに20物質を評価し、高優先化学物質に指定することとなっています。高優先化学物質に指定された時の具体的な規制は明らかではありませんが、90物質の候補の中から1/2以上が指定されることを義務付けられています。その90物質にDEHP、DINPなどフタレートがリストアップされています。

ただ、優先順位の基準が決まっており、強度のもっとも強い難分解性、生体濃縮性、あるいは既知のヒト発ガン性、あるいは強度の強い、急性・慢性毒性をもつ化学物質であり、DEHP、DINPはこの基準から外れ



ています。少なくとも2019年末までに指定されることはないだろうと考えています（詳細はP9の「7.米国のTSCA改正短信」参照）。

TSCAではスクリーニングの段階から、リスク＝ハザード×暴露で評価されており、その意味では日本の化審法と同じ手法であり、リーズナブルな地に足がついた判断がされていくだろうと思います。また、EDCは改正TSCAでは登場せず、これも化審法と同様です。

こう見てくるとREACHがやや特異に見えてきます。

<中国>

ここで新興国の代表として中国に触れてみたいと思います。中国では危険化学品安全条例によって危険とされる化学物質が管理されています。2015年5月、2,828種類に及ぶ危険化学品リストが発表されましたが、DEHP、DINPともリストに入っていません。このことは、中国の危険化学品判定基準から外れていたことを示しています。また中国版RoHSではフタレート規制はなく、重金属のみが規制対象となっています。

現時点では、中国でフタレートの規制は要らないと判断されていますが、もちろん、他国と同様、玩具・育児・食品包装材料用品は別の規制があります。

中国は、世界最大の可塑剤マーケットであり、DEHPも年間100万トン以上使用されています。本年4月にCPIAと交流する機会がありました。DEHPに対する欧州での規制について明らかに「over-regulation」であるといっています。たとえば、DEHPの制限提案が成立するならば、欧州への輸出が多い中国のメーカーにとっては大打撃です。欧州の規制に対するJPIAの意見を真摯に聞いていただき、ご賛同をいただきました。

その結果、欧米の規制のパブコメに応ずる時は、できるだけ共同歩調をとりましょうということになりました。将来的には日本一国だけ、中国一国だけでなく、アジアとしての意見というような存在感を示すことができれば影響力を持てるのではないかという意見も出ました。世界の地域によってリスクが違っているわけで、アジアはアジアのあり方があっていいような気がします。

「勝って兜の緒を締めよ」とは、日頃の鍛錬がいかに大事かを知る

——最後にビジネス上の信条や目標を教えてください。

好きな言葉は、「勝って兜の緒を締めよ」です。

出身は四国の松山です。松山といえば「坊っちゃん」が有名でしたが、実は地元の間人はあまり好きではあり



ません。松山の人間からすれば、夏目漱石が田舎者をおちくって書いた小説に見えてしまうのです。そういうことで、今は松山の人間にとって松山といえば「坂の上の雲」なのです。

そして、郷土の英雄は当然正岡子規と秋山兄弟です。「坂の上の雲」の最終巻、クライマックスに日露戦争が終結し、東郷平八郎が聯合艦隊解散の辞を詠んでいる場面が描かれています。この解散の辞を執筆したのが、海軍参謀の秋山真之です。最後の部分に出てくる「勝って兜の緒を締めよ」は古くからいわれていることですが、この言葉には「神明は普段の努力を怠らず戦わずして既に勝っているものに勝利を与え、努力しないものからは勝利を取り上げる」の意味があり、つまり、日頃の鍛錬がいかに大事かということを説いています。ちなみにルーズベルト大統領がこれに感銘を受け、自国の将兵に英訳を配布したというのは有名なエピソードです。

ビジネスの世界も同じで、少し儲かったから緩んでしまうような社員では会社はいつか潰れてしまいます。日頃から感性を研ぎ澄まして勝つための徹底的な準備と訓練を怠らない集団であれば、負けることはありません。

自分を戒める時に常に思い起こす言葉のひとつですが、日本人のいいところが出ていてとても好きな言葉です。

趣味といえるようなものは特別何もありますが、ゴルフは健康維持も兼ねて続けています。海外勤務でタイに赴任していた時、ホールインワンしたことがあります。スコアが散々で「快挙」のはずが「まぐれ」になってしまいました。仕事だけではなくゴルフでも、やはり感性を研ぎ澄まして勝つための徹底的な準備と訓練を怠らないという姿勢を大切にしていきたいと思っています。

世界各地域での フタレート規制の現状

欧州、米国、アジアなど世界各国で化学物質管理の法制が導入されました。可塑剤市場の現状と併せて、世界のフタレート規制の現況をレポートいたします。

1. 可塑剤の現市場、世界、欧州、日本

可塑剤のグローバル市場は、2015年のECPIの小冊子によると、840万トンで、その内訳は、DEHP、DINP/DIDP/DPHP、他のオルトフタレート(DBP、BBP、DIBP)、そしてその他(DINCH、クエン酸系、トリメテート系、ベンゾエート系)それぞれで、37.1%、26.4%、6.5%、そして、30.0%であり、オルトフタレートが約7割を占めている。2007年の統計では可塑剤の世界市場は約600万トンであったことを思い出すと、この8年間で可塑剤のグローバル市場は240万トン増で、この市場への旺盛な需要が窺える。一方で、ECPIの予想を含めた統計では、可塑剤の中でのフタレートの市場は、88% (2005年)、70% (2014年)、65% (2019年予想)、可塑剤の中でのDEHPの市場(IHS Chemicalによる)は、54% (2010年)、37% (2015年)と、低下の傾向が続くようである。

REACH規制で何かと話題の多いEUにおける可塑剤市場は、2015年のECPIの推算によると、130万トン/年で、その内訳は、DEHP、DINP/DIDP/DPHP、他のオ

ルトフタレート(DBP、BBP、DIBP)、そしてその他(DINCH、クエン酸系、トリメテート系、ベンゾエート系)が、それぞれ、10.0%、57.1%、3.0%、そして、30.0%である。同じく2007年の統計によると欧州の可塑剤市場は約100万トン/年であったことから、ここ8年間で約3割増したことになる。

日本国内に目を転ずると、フタレートの市場は、1996、1997年の45万トン/年を超えるピークを経て、環境ホルモン、リーマンショック、震災の影響も見られるが、直近の安定した数年間(約20万トン強)を除いて概して低下の傾向にあったことは否めない。また、その品種構成、例えば、DEHP、DINP/DIDPは、市場規模は変わってきたが1992年以降もそれぞれ、約6割弱、約3割5分と現在に至るまで変わることはない。

世界、欧州、日本と可塑剤の市場状況を概観(図1参照)したが、それぞれの地域でそれぞれの特徴が窺える。世界の可塑剤市場をグローバルにけん引するのが中国であれば、欧米は規制や産業競争力にモノをいわせて、戦略的な新たな可塑剤市場を創造しているように見える。他方、60余年の長きにわたって軟質PVC用途を手堅く支えているのが日本であるといえるのかもしれない。

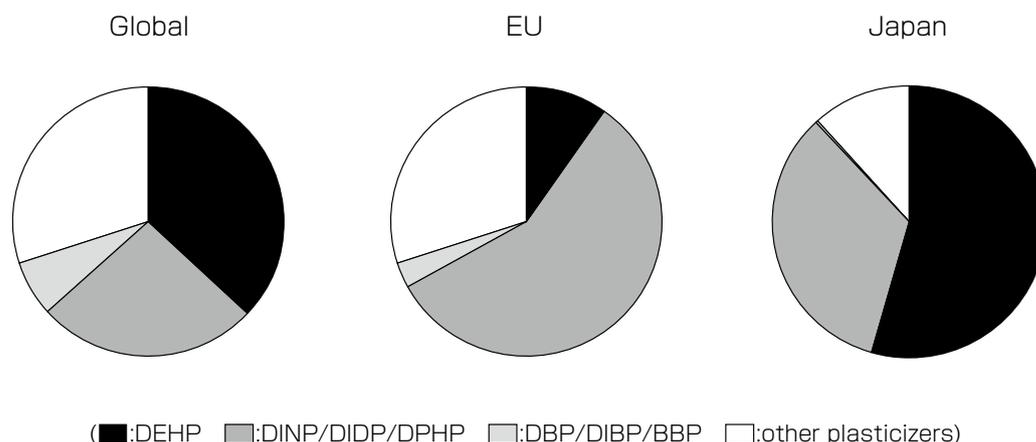


図1. 世界、日本、EUの可塑剤市場2015 (Source: ECPIの推算、JPIA)

2. 化学物質管理のあり方の新たな流れ

世界各地域で先進国が経験した化学物質等が原因となる公害を経て、また、人の営みが原因となる地球環境への長期間にわたる悪影響、例えば、温暖化に鑑み、世界規模でそれらへの対応が協議された。環境と発展についての Rio Declaration (1992) の第 19 章「有害化学物質の環境上適正な管理」に始まり、持続可能な開発に関する世界首脳会議 (WSSD 2002)、そして、ドバイ SAICM 2012 (行動指針) で、「2020 年までに化学物質の製造と使用による健康、環境への悪影響 (リスク) を最小化する」ことが採択され、この時点から化学物質の管理方法指針がハザードからリスクへと大転換された。

各国はこの指針に則り、自国での法 (EU では REACH、米国では改正 TSCA、日本では改正化審法、韓国では K-REACH 等) を改定し、それらを運用しながら 2020 年を迎えようとしている。リスク管理では、化学物質の有害性 (危険性) とその化学物質への暴露量との両者を考慮してリスクを定量評価し、リスクの低減策を講じる。

危険性が高くても暴露量が低ければリスクは小さく見積もられ、危険性が低くても暴露量が多ければリスクは高く評価される。いずれにしても、化学物質の危険性が低く、暴露量が低いというのがベターな安全シナリオである。政策的には、リスクと社会的便益とが天秤にかけられ、政治的な判断がなされる。一方で、サプライチェーンに沿って、原料や材料である化学物質の性状や安全性の周知徹底を図る上で、日本の chemSHERPA 等、それらの情報の共有化・伝達システムが国内外で現在構築されつつある。

3. リスク評価いろは

規制の対象となるヒトの健康や生態系への重篤な有害

表 1. フタレートに対して国等で定められている TDI 値
*European Food Safety Authority

	日本 (2011~2016)	EFSA* (2005)	台湾 (2011)
DBP	5	10	10
BBP	500	500	500
DEHP	30	50	50
DINP	150	150	150
DIDP	150	150	150
DNOP	370	—	—

性は、カテゴリー化され従来からは CMR (発がん性、変異原性、生殖毒性)、および、残留性、生体蓄積性が問われてきたが、近年、それらに「作用」である内分泌かく乱も加えようという無謀な動きが海外にある。生活習慣病と言われている肥満、糖尿病、さらには、アレルギー、喘息、神経発達障害等も機序は必ずしも明確にはなっていないが規制での有害性予備軍であり、環境団体や NGO は次のターゲットとして位置付けていることにも留意しておく必要がある。

毒性学では、ある有害性が発現する用量 (暴露量) に閾値があるとされてきた。用量が閾値より低ければ有害性は発現しない。閾値はある一つの有害性 (具体的な有害性 = エンドポイント (例えば精子の数の低下、尿道下裂、精巣内の精細管形態異常等)) に対して動物実験から求められるのが常である。個体差、動物間の種差、実験の条件や範囲等を考慮した安全係数 (不確実係数) で動物の閾値を除し、ヒトに外挿した日々許容摂取量 (TDI=Tolerable daily Intake) を定め、この値とヒトの暴露量とを比較しリスクを判定する。複数の有害性に対してデータがある場合には、最も低い値を持つエンドポイントに対して、その化学物質のヒトに対する日々許容摂取量を定めている。ちなみに、幾つかのフタレートに対する TDI (単位: $\mu\text{g}/\text{人の体重 (kg)}/\text{日}$) を表に示す。環境省が 2011 年から実施している化学物質の人への暴露量モニタリング調査結果によると、DEHP の一次代謝物である MEHP の尿内濃度から推算される DEHP の摂取量は、2011 年から 2014 年までに観測された尿内濃度の平均値と最大値に対して、それぞれ、0.059 ($\mu\text{g}/\text{人体重 (kg)}/\text{日}$)、0.456 (同左) であり、これらを DEHP の TDI (=30) と比較すると、ほぼ 3 桁から 2 桁低い値である。

ヒトに対する化学物質等と有害性との関連性を検討することができる疫学的研究も近年世界のさまざまな地域で盛んに実施されるようになってきた。しかしながら個々の研究のプロトコル等の実験条件に内包されるバイアスやエンドポイントの選択基準、交絡因子、そして、統計学的手法の適格性等を吟味しない結果の解釈には注意を要する。ECPI は過去の疫学的研究 (DEHP を対象としている) を証拠の重みの視点から見直し、より意義のあるヒトリスクについての見通しを示そうと努力している。近々、その成果が報文化される予定である。

4. フタレート規制の始まり

フタレートの玩具規制は知らずも日本から始まった。平成 14 年 (2002 年) 厚生労働省告示「第 267 号」において、予防原則から DEHP がおもちゃ及び油脂又は油性食品

*を含む食品に接触する器具又は容器包装に、DINP が口にすることを本質とするおもちゃに使用禁止された。続いて、EU (2005 年)、米国 (2008 年) で相次いでこれら 2 つのフタレートと共に DBP、BBP、DIDP、DNOP の 6 フタレートに対して同様な規制が施された。2010 年には日本でも、これら 6 フタレートに対象が拡大した。フタレート規制や安全性に関する詳細については以下の塩ビ工業・環境協会や JPIA の HP を参照。

http://www.vec.gr.jp/anken/anken2_4.html

<http://www.kasozai.gr.jp/qa/index.html>

※油性食品とは、食品中又は食品表面の油脂含量が概ね 20% 以上で、乾燥した固形食品以外の食品をいう。

5. 欧州のフタレート規制の現状

化学物質管理の新たな潮流に則った世界で最初の法は、2007 年 6 月に発効した EU の REACH である。REACH は Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals の頭文字をとっている。

DEHP の EU リスク評価書は 2008 年に公表されたが、この年の 10 月に REACH 下で DEHP は主として CMR を対象とする SVHC (substance of very high concern) 候補となり、2011 年 2 月に生殖毒性のカテゴリーで認可対象物質リストである annex XIV に記載され、認可申請が 2013 年 8 月に締め切られ、日没日、2015 年 2 月 21 日が定まった。DBP、BBP、DIBP も同様である。当時 DEHP の認可申請を提出したのは、Arkema、DEZA、ZAK、Vinyloop (Ferrara, Stena Recycling, Plastic Planet)、ロールスロイス、ロクセル、DBP については、ZAK、ロクセル、サソールであった。Vinyloop に代表されるリサイクルに対しては 2016 年 4 月 20 日の欧州委員会 REACH 委員会で DEHP の認可が承認されたが、DEZA や ZAK の申請している配合や成形加工でのバージンの DEHP の認可は現時点でもペンディングのままである。(Arkema は昨年末に認可申請を取り下げている。) 目下、DEHP 認可タスクフォースは、2016 年 12 月の認可の許諾を目標に、欧州議会の議員等へのロビー活動を展開している。

この間、デンマークは、DEHP、DBP、BBP、DIBP の制限(2011 年 8 月)、国内法で同 4 フタレート禁止(2011 年末)、全フタレート禁止戦略 (2013 年)、4 フタレートに対する内分泌かく乱物質での SVHC 提案 (2014 年) と、フタレートへの攻勢を執拗に畳み掛けてきた。JPIA もその都度意見書を提出する等したがそれが一部でも功を奏してか、結果的にはいずれのデンマークの思惑も頓挫した。2016 年 4 月、同 4 フタレートに対して ECHA が新たに制限提案を発

し、パブコメを募集した。

この制限提案では、欧州全般を対象としたヒトバイオモニタリング (HBM) の予備検討プロジェクト DEMOCOPHES の結果が引用されている。EU28 各国のうち 18 国が参画したこの HBM では、一部の加盟国でフタレートの集積リスクが懸念されるが、残りの多くの国々ではむしろフタレートのリスクは適切に管理されているという結果を述べているに他ならないとの解釈もできる。また、リスクをシミュレートするために構築している暴露モデリングにも明らかに過大評価につながる仮定等が設けてあり、評価結果の信憑性が問われるようにも思われる。JPIA はこれらの観点と、REACH と RoHS の整合性、提案書内で採用されている集積リスク評価法の課題等を集約して制限停止を求めた意見書を ECHA に提出した。(2016 年 8 月 31 日)

電気電子機器を対象とする化学物質規制法、RoHS 指令においても、禁止物質の追加に関する議論が続いていた。2011 年 11 月 21 日に RoHS2 の Annex II に、DEHP、DBP、BBP、DIBP の 4 種類のフタレートも収載して規制しようとする法案が動き出し、2013 年 11 月まで都合 4 回の stakeholder consultation が実施された。JPIA はその都度収載に異議を唱える意見書を提出した。しかしながら、最終的には、2015 年 3 月までに収載が決定し、これら 4 物質の個々について製品中に 0.1wt% を超えてはならないという新たな RoHS2 の Annex II が公表されるに至った。

規制の対象となる電気電子機器がカテゴリー別に分類されている (P9 の表 2 参照)。カテゴリー 1-7、10 については、2019 年 7 月 22 日から、カテゴリー 8 (医療機器)、9 (監視制御機器)については、2021 年 7 月 21 日から施行される。日本においても、電気電子 4 団体は、日本から欧州への輸出製品も多いので、遵法の精神から、また、無駄な混乱を避けるために「EU RoHS 指令対応のための、制限対象フタル酸エステル含有調査における注意点」を 2016 年 2 月 23 日に公表した。

(<http://home.jeita.or.jp/eps/euRoHS.html>)

これまで述べてきたように、EU では、DEHP をはじめとするフタレートが、REACH 下で、認可、制限、そして、RoHS で締め付けられている。さらに、内分泌かく乱を CMR と同格にしようと、殺生物剤と殺虫剤規制の範疇で、その定義や基準を EU Commission が 2016 年 6 月に公表した。また、CLP 下で DINP を生殖毒性のカテゴリーで 1B に指定する企みもあるという。欧州でのフタレートへの規制強化の荒波は尽きること知らない。しかしながら、一方で、暴露量の視点からの議論が欧州ではあまり見えてこないのも気に掛かるところである。

表2.規制の対象となる電気電子機器のカテゴリー別分類

1	大型家庭用電気製品(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジなど)
2	小型家庭用電気製品(電気掃除機、アイロン、トースターなど)
3	ITおよび遠隔通信機器(パソコン、プリンター、複写機など)
4	民生用機器(ラジオ、テレビ、楽器など)
5	照明装置(家庭用以外の蛍光灯など)
6	電動工具(旋盤、フライス盤、ボール盤など)
7	玩具、レジャーおよびスポーツ機器 (ビデオゲーム機、カーレーシングセットなど)
8	医療用デバイス(放射線療法機器、心電図測定機、透析機器など)
9	監視および制御機器(煙感知器、測定機器、サーモスタットなど)
10	自動販売機類(飲用缶販売機、貨幣用自動ディスペンサーなど)

6. 日本の改正化審法下でのフタレート

日本では、1973年に発効した「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）」が、2011年にリスク評価を主軸として改正（改正化審法）された。改正化審法下では、7千から8千にのぼる既存の一般化学物質を対象に文献情報等によるハザードと年間の製造・輸入量を基とした暴露量とからスクリーニングを毎年実施し、優先評価化学物質を指定し、これら化学物質に対して一次リスク評価（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）、二次リスク評価を実施し、第二種特定化学物質を決定する。2016年4月1日現在、優先評価化学物質に指定され、一次リスク評価（Ⅰ）の組上にある化学物質は196種であり、その中から、一次リスク評価（Ⅱ）へ格上げとなった化学物質は50種である。フタレートとしてはDEHPが一次リスク評価（Ⅰ）の段階にある。

DEHPの最新の製造・輸入数量（2014年）は約11万5千トンであることと、政府が定めた用途別排出係数（プラ添加剤、加工助剤）を用いて、スクリーニング段階でのハザードクラスと暴露クラスを求めてみた。また、同年のデータを用いて、一次リスク評価（Ⅰ）におけるハザードクラスと暴露クラスを求めてみた。前者では優先評価の範疇に入るか入らないかのボーダーに、後者では暴露レベルはクラ

ス外となり、リスクは懸念されないという結果となった。

日本では、2002年から化学物質の排出量や移動量を事業者が把握し登録する制度が運用されている。いわゆる、PRTR制度である。一次リスク評価（Ⅱ）では、このPRTR制度で届け出られたデータも暴露評価に用いることが改正化審法のリスク評価ガイドラインに謳われている。そこで、最新のPRTR制度下でのデータ（2014年度）を用い、政府のガイドラインに従って、DEHPのハザードクラスと暴露クラス（53.7t）を位置付けてみた。その結果、暴露クラスは4であった。ハザードクラスは2ないし3であることから、一次リスク評価（Ⅱ）から一次リスク評価（Ⅲ）への格上げの優先度はDEHPの場合高くないものと推測できる。

7. 米国のTSCA改正短信

1977年に発効し、それ以来大きな改正がなされてこなかった懸案のTSCA改正法案が、2016年6月22日にオバマ大統領署名によって成立した。

企業の自主性を重視したこと、連邦法の優位性等、これまでのTSCAの枠組みを生かした改正である。高優先化学物質と低優先化学物質のカテゴリーを設け、追加でのリスク評価分（2019年12月公表）を含め、法発効日から3年半をかけてこれらのカテゴリーに合計40種類の化学物質を指定することを目標に掲げている。実施に当たっての具体的な今後の手順としては、2016年12月中旬に初期リスク評価物質としてTSCAワークプラン（WP）のリストから10種類を抽出、それらの化学物質の公式リスク評価を公表、優先プロセスルールの策定（期限：2017年6月中旬）、リスク評価プロセスルールの策定（期限：同上）へと続く。リスク評価の対象化学物質の選定基準は、Persistence & Bioaccumulation Score（難分解性及び生体蓄積性

表3.公表された最新のPRTRデータ(2014)を用いた改正化審法における一次リスク評価(Ⅱ)結果(JPIAによる)

	ヒト有害性→ 分類上 1A	[mg/kg · bw/day] ≤0.005	[mg/kg · bw/day] 0.005-0.05	[mg/kg · bw/day] 0.05-0.5	[mg/kg · bw/day] 0.5<
PRTR Data(2014) 53.7t	生態系有害性 →≤ 0.001	PNEC [mg/L] 0.001 - 0.01	PNEC [mg/L] 0.01 - 0.1	PNEC [mg/L] 0.1 - 1	PNEC [mg/L] 1<
暴露クラス	1	2	3	4	クラス外
1 (>10,000t)	高	高	高	高	
2 (10,000t > ≥ 1,000t)	高	高	高	中	
3 (1,000t > ≥ 100t)	高	高	中	中	
4 (100t > ≥ 10t)	高	DEHP (ヒト)	DEHP (ヒト) DEHP (生態)	低	
5 (10t > ≥ 1t)	中	中	低	低	
クラス外 (1t >)					

のスコア)が高く(3)、かつ、他のHazard scoreが高い(3)あるいは平均(2)の何れかである、としている。最新版のTSCA ワークプラン(WP) 2014には90品目の化学物質がリストアップされている。なお、可塑剤関連では、DBP、DEHP、DIBP、DIDP、DINP、DNOP、DEHAがそこにリストアップされているが、それぞれのスコアは順に、(P&B, H) = (1, 3) (1, 3) (1, 1) (1, 3) (1, 2) (1, 2) (1, 3) であるのでリスク評価の対象からは、はずれる可能性が高いといわれている。NGOであるthe Environmental Working Groupは、難燃剤、1-bromopropane (1-BP)に加えて、asbestos、perchloroethylene、phthalates、bisphenol A及びDEHAを初期リスク評価の対象とするよう活動しているという報道もある。

食品接触材料としてほとんどのフタレートの使用が現在認められているが、2016年3月に、NGOがこれらフタレートの使用禁止を求めて食品添加申請(Food Additive Petition)をUS FDA (U.S. Food and Drug Administration)に提出した。多くのフタレートが食品接触材料に使用されているという実績は現在ほとんどなくなっていることから、産業界は許可取り下げを申し出る準備をしているとACC (American Chemistry Council)は伝えている。いずれにしても、日本国内でも同じような議論がこれから展開されることになるであろう。

TSCAはREACHとは全く対照的で、リスクベースの化学物質管理が遅ればせながらこれから本格的に実施される。

8. 中国、アジアの国々のフタレート規制

韓国では、2012年12月から壁紙用DEHP(0.1%以下)、2013年7月から床材用DEHP(5%以下)の規制が始まり、

現在、K-REACHが施行されている。

台湾では、おもちゃ関連の規制を食品器具容器包装材料に広げた形で、規制対象も拡大(DEHP, DBP, BBP, DIDP, DINP, DMP, DNOP, DEP)し、試験法も厳しいものに(2012年9月21日発布)なった。

フィリピンでは、2014年初頭、当局が法改正(法の統廃合)の準備をし、学童の文房具まで規制範囲が及ぶ可能性があったが、フタレートの安全性等サイエンスベースでの判断により、予想以上に規制範囲が拡大するには至らなかった。

オーストラリアでは、いち早くDINPの安全宣言が出され、軟質塩ビの用途拡大に寄与している。

中国版化審法である「新規化学物質環境管理弁法」が2010年1月19日付で公布され、2010年10月15日から施行されている。この弁法は、第1章:総則、第2章:申告手順、第3章:登記管理、第4章:追跡管理、第5章:法的責任、第6章:附則の構成になっており、既に運用されている。しかしながら、その運用の実態についての情報は乏しい。また、従来より危険化学品安全管理条例において危険とされる化学品を危険化学品目録に記載しているが、フタレートはその目録には入っていないようである。食品接触材料新国家標準も近々発布されると聞く。今後の中国でのフタレートの規制についての詳しい情報やそのアンダーグラウンドの動きはつかめていないのが実情である。中国増塑剤工業協会とのパイプも復活したことから、そのパイプを利用して、中国におけるフタレートに対するリスク管理に関する情報収集と発信に努め、フタレートを安全に使用できるよう中国増塑剤工業協会と協力してJPIAが今後もなお一層努力していかなければならないことはいうまでもない。

JPIA主催講演会

〈EU regulation and the impact on plasticizers: DEHP update〉



講演者: Ms. Linda-Jean Cockcroft

● Profile

DEHP Authorization Task Force Manager、
Arkema社 REACH Strategic Program Managerを経て、
現在、RPA(Risk & Policy Analysts Limited UK)社 Technical Director

2016年9月27日(火)午後、DEHPタスクフォース前議長のCockcroftさんを招いて講演会を開催し、50名を超える方にご参加いただきました。

REACHの基本的な仕組みをレビューした上で、「DEHPの用途別認可がなぜ遅れているのか?」、「新たなDEHPの成形品に対する制限提案の矛盾点は何か?」など、彼女の経験と行動を基にEUのREACH規制が抱える問題点を解き明かしていただきました。

これまで展開してきた可塑剤工業会の科学的根拠に基づく活動の正当性と継続の必要性を再確認できました。

グリーンプラスティサイザー開発研究

フォーラム2016(上海)に出席

— 中国増塑剤工業協会との交流を再開 —

可塑剤工業会（JPIA）は以前から中国増塑剤工業協会との情報交換や協議を行って交流を深めてきましたが、一時途絶えていました。本年4月に山口慎吾新会長をはじめとするメンバーが訪中し、グリーンプラスティサイザー開発研究フォーラム2016（上海）に出席しました。併せて、中国増塑剤工業協会の責任者との意見交換も行き、交流を再開することもできました。

1. 中国増塑剤工業協会との交流の経緯

JPIAはECPI（European Council for Plasticisers and Intermediates）やACC（American Chemistry Council）と、欧米日3極会の開催や平素の情報交換を通じて過去約20年以上にわたり緊密に連携してきた。東南アジアでは、タイ当局の化学物質のカテゴリーの見直しに対する対応を契機（2010年11月）に、2011年9月（バンコク）、2012年10月（ムンバイ）、2013年11月（クアラルンプール）、2014年4月（マニラ）、2014年8月（バンコク）と、JPIAはフタレートの安全性情報や各国の規制情報の共有化に努めてきた。

一方で、改革開放政策により経済的にグローバルにのし上がってきた中国に対しては、中国に進出している欧州等の海外資本のメーカー団体AICM（Association of International Chemical Manufacturers）のPAP（= Phthalate Panel）からの呼びかけで、2009年2月、2010年7月とJPIAはAICMと2度の会議を東京で持ったが、ベクトルが合わず、中国資本の可塑剤メーカーとの直接的接触を廈門（アモイ）で試みる事となった。

2009年10月（廈門）に端を発したJPIAと中国の可塑剤工業会（中国増塑剤工業協会）との交流は、2012年4月、当時の北坂会長から野村会長にバトンタッチする時点までの約2年半の間に都合6回を数え、その間JPIAは中国に赴き（上海（2010年2月）、上海（2011年2月）、鄭州（2011年8月）、西安（2011年11月）、杭州（2012年4月））、中国増塑剤工業協会（当時約30社が加盟）年次総会等に出席し情報交換を実施した。JPIAからはフタレートの安全性について科学的な視点から、特にDEHPが生体系に対して及ぼす影響に顕著な種差があることや世界各国、特に欧州や米国でのフタレート規制の状況についての情報提供を行った。中国はその当時から新たな可塑剤（グリーンプラスティサイザー）の開発が静かな話題になっていた。その間、フタ

レート（主にはDEHP）の使用禁止や制限となる欧州でのRoHS指令改正、韓国での床・壁材規制案件、欧州でのREACH下の制限提案（2011年8月）に対して、WTO/TBT委員会への意見書やECHAへのコメント提出の際、中国増塑剤工業協会とJPIAは協議を繰り返し、共同歩調をとってきた。

2. 中国増塑剤工業協会との交流の再開

2012年4月以降、中国増塑剤工業協会の会長人事問題等で、JPIAの中国増塑剤工業協会との直接的な交流は途絶えてしまっていたが、2015年10月に東京で開催されたGVC(Global Vinyl Conference)で中国塩ビメーカーの仲介を得、約4年ぶりの2016年4月に念願の中国増塑剤工業協会との交流が再度実現した。

現在の中国増塑剤工業協会は中国塑料加工工業協会塑料助剂專業委員會の傘下であり、中国増塑剤工業協会の機関誌「増塑剤」は、中国塑料加工工業協会の事務局（責任者はSecretary Generalの王（Wang Wei）氏）が編集している。

今回の訪中の目的は、2016年4月23、24日の両日に上海で開催された、「Green Plasticizer Development Forum (GPDF) 2016」に出席することと、これを機会に、Forumとは別に中国増塑剤工業協会の責任者とJPIAとが今後の交流について意見交換をする場を持つことであった。

3. 中国増塑剤工業協会主催「グリーンプラスティサイザー開発研究フォーラム2016」の概要

2日にわたって開催された「グリーンプラスティサイザー開発フォーラム2016」では、江南大学の蔣平平教授による、「中国国内外のグリーン可塑剤創出技術と新しい材料



フォーラムが終了して（JPIA 訪中国（右側）とフォーラムの裏方も務めた江南大蔣教授と学生たち（左側）

分野での応用の進展」と題した基調講演を皮切りに、「中国の可塑剤業界の現状と発展」（李振平 中国増塑剤工業協会会長）、新たなグリーンプラスティサイザー（イソソルビド系、エポキシ化植物油、グリーン環境保全型ポリエステル系、グリーン可塑剤 HM-828、反応触媒等）の研究開発関連、可塑剤の用途開発（人工皮革、フロア、カーペット、PVC 手袋、電線、ケーブル、医療用 PVC 薄膜）関連等、合計 18 の演題で熱心な討論が繰り広げられた。その中には、「食品に触れる材料に用いる可塑剤に関する国内外の法規の比較と発展傾向」（陳蓉芳 上海食品藥品監督管理局執法総隊 副主任醫師 GB9685 起草者）、「① DINP の性能と毒性、国外の研究事業等、② 環境保全法規、社会的責任等」（王慧婷 (ExxonMobil)、AICM (国際化学品製造商協会)) 等の中国内外の法規制関連の話題も含まれており、バランスのとれたフォーラムに仕上がっていた。以下、興味があった 2 題を紹介する。

一つは ExxonMobil の王慧婷氏の “How to interpret the latest major international laws and regulations for plasticizer” と題した講演である。DINP の科学的に見た安全性をアピールし、今もそして今後も安心して DINP が使用できることを王慧婷氏は強調した。

“欧米では、フタレートは高分子量群及び低分子量群に分類され、EU での主要フタレートは、経年的に DEHP から DINP に移行してきた。化学物質の規制が欧州では REACH や RoHS で、また、米国では例えば州法であるカリフォルニア Prop 65 等で実施されている。

リスク評価をベースに考えると、DINP については現実の暴露量が TDI よりもはるかに低いので、リスクは適切に管理されている。Prop 65 は単なるラベル貼付であるので、風評に左右されることなく、DINP は安全に使

用できている現実を正しく理解することが肝要である。

今一つは中科院宁波材料研究所の楊勇氏が、“Synthesis and application of an isosorbide ester as bio-based plasticizer” と題して、新たなグリーンプラスティサイザーの開発状況を紹介した。本研究はイソソルビドの水酸基にエステル結合でアルキル鎖を導入し、結果的に得られた化合物（SDO（アルキル基の炭素数 8 のもの））について、その化合物の合成方法と可塑剤としての性能を評価している。チャレンジングな研究である。SDO の可塑化能は、DOTP と比較する形で議論された。SDO の可塑化能は、マトリックス樹脂が PLLA と PVC とでは異なり、PLLA の方でより可塑化効率が高い結果が得られている。可塑剤と樹脂のそれぞれの化学構造と可塑化能との関係が紐解かれることが注目され、それによりフォーミュレーションの最適設計が期待される。しかしながら、着色臭気等の課題もあり実用にはまだ遠い感がある。

このフォーラムでは日本からは JPIA が、「Introduction of JPIA and it's recent activity on safety of phthalate plasticizers」、昭和薬科大学の山崎浩史教授が、「Representative phthalate pharmacokinetics in chimeric mice with humanized liver」と題して講演した。JPIA からは工業会の紹介と可塑剤の国内市場、日本での改正化審法対応状況、また、山崎先生にキメラマウスを用いた種差にフォーカスした薬物動態学的研究を紹介していただいた。日本国内でのフタレートの市場動向、そして、特に DEHP の安全使用の現状と、科学的な観点から DEHP の生体への影響に顕著な種差があることを出席者に強くアピールすることができた。

2 日目の午後のパネル討論では、パネラー（産業界、識者、



中国増塑剤工業協会の面々（左から、邢全光氏、刘延华氏、李振平会長、蒋平平・江南大学教授）

インドネシアの化学院、JPIA）とフロアとが一体となって可塑剤が直面する課題とグリーンプラスチックサイザーについて熱弁が繰り返された。手袋、電線ケーブル等の市場からの要望、特に規制対応を実践するための DOTP、DINP、DIDP の使いこなしに関する開発研究や植物原料由来の可塑剤の新たな開発研究が議論された。食品接触材料に関する規制は中国では GB9685 で現在準備中であることから、日本での PL 法制化の動きについても関心が高いようであった。現在、世界の可塑剤市場を量の面で牽引している中国が次の段階である可塑剤の品質や性能面で必死にもがいている様子が印象的であった。

4. 中国増塑剤工業協会と JPIA との個別会合と今後

2日目の夕刻から、三菱化学（中国）商貿有限公司の笹永忠氏に中和通訳をお願いし、中国塑料加工工業協会塑料助剂專業委员会主任であり中国増塑剤工業協会会長の李振平氏（山东藍帆化工有限公司 董事長）、中国増塑剤工業協会、刘延华氏（山东藍帆化工有限公司 总工）、同 邢全光氏（山东藍帆化工有限公司 増塑剤分野長）、技術顧問格の江南大学教授 蒋平平氏、及び Secretary General 王（Wang Wei）氏と、JPIA（山口慎吾新会長、加藤慎治環境委員長、西山浩二新環境委員長、梅田栄祐技術部会長、山崎浩史先生、柳瀬広美技術部長）は別室で個別の会を持つことができた。

会の冒頭、李振平会長から、中国の増塑剤工業協会の概要が紹介された。当会には、中国でのあるレベル以上の可塑剤製造業者約 130 社のうち 40 社が加入している。中国の現時点での可塑剤の製造能力は年に約 500 万トン以上（外資系、台湾・韓国系含む）で、現在は約 390 万トン／年を製造しており、李振平氏が社長をしている山东藍帆化工有限公司の可塑剤の製造量

は現在年間約 50 万トンに上り、PVC ペーストも生産販売しているという。

中国増塑剤工業協会は、ECPI と、また、外資系の企業、例えば BASF や EXXON とも技術交流を実施しており、2012 年には北京可塑剤フォーラム（BASF も参加）を開催した経験を持つ。彼らはノンフタレート可塑剤の開発や応用に関する共同研究を JPIA に提案したいと意欲を示し、JPIA とも定期的交流を図りたいとの意向も表明した。国際規制に対しては EU 等は over-regulation なので、それに対して彼らの顧客が可塑剤を正しくそして安全に使用できるように何らかのガイドラインを導入したいとの考えも述べた。

江南大学の蒋平平教授は、今回のフォーラムの立役者のようであった。以前 JPIA と交流のあったところから彼は既に中国増塑剤工業協会のメンバーであったようだ。江南大学は、鄧小平時代から実施されている研究重点大学の一つとして位置付けられており、世界レベルの大学を目指して特徴のある研究実績を積み重ねてきた。江南大学は、現在、中国の大学ランキングでベスト 45 に位置している。

大学での可塑剤を対象とした研究テーマは、規制の視点も含めグローバルな視点（エネルギーや廃棄、LCA 等）からアプローチしている。彼らの言う「グリーン」は、そういった可塑剤との多角的な取り組みと理解できる。フォーラムの演題にもみられるように、反応時間の短縮をねらった触媒開発、植物由来原料からの新規可塑剤の研究開発、核水添プロセスの改良、ブリードアウトの低減を意図した反応性可塑剤の併用研究等、意欲的な研究が紹介された。

中国国内での化学物質規制に関しては、GB（国家基準）、QB（企業基準）、HG（業界基準）という基準体系があり、順序としては業界基準を定めてから国家基準策定へ進む。DINP、DHPH に関しては HG 及



山口新会長からの課題提起

びQBは策定されたが、GBについてはいまだ作成されていないようである。各国のフタレート規制に関しても無関心ではられないという中国増塑剤工業協会とJPIAとで共通の認識があることが本会で確認できた。欧州や米国の規制動向が今後の中国国内でのフタレートの規制に及ぼす影響は大きく、中国からの国外輸出にも甚大な影響を及ぼすことが予想されると彼らも認識している。そして、中国国内においてもフタレート規制が強化されれば、可塑剤のメーカーばかりではなく可塑剤を使用する加工業者から最終製品のディーラー、消費者までを含む広範なサプライチェーンにつながる現在のプラスチック工業全体への計り知れない負のインパクトが予想され、中国国内市場でも大きな混乱を招きかねない、そういった意味での危機感を彼らは持っている。

本会を通して、中国増塑剤工業協会の責任者とJPIAは、可塑剤の市場、研究開発、規制動向に関して、日本や中国国内ばかりではなく、グローバルな視野に立って忌憚のない意見交換の土壌を再び築いていくことが双方の利益となることを相互に確認し合うこと

ができた。

会の最後に、以下の内容で双方合意に至った。

1. 今後、各国の規制に関する情報交換、共有化の場を定期的に設ける。
 - ・DEHPの規制に対するJPIAのスタンスについて、中国増塑剤工業協会は同意する。
 - ・アジアの産業を代表する意見として、日本、中国共同の意見を発信する。
2. 基本的には、欧米等でのフタレートの規制強化に対して、適時、JPIAと共にサイエンスの視点からコメント等を発する。

5. 会を終えて

EUフタレート制限提案に対する意見書を提出するようJPIA側から中国増塑剤工業協会に働きかけ、中国増塑剤工業協会側から、意見書の内容について双方で煮詰める方向で進めるとの回答を得ている。(2016年8月16日現在)

可塑剤・用語解説

略語	正式名称(日本語訳)	概要
CLP 生殖毒性 1B分類	Classification, Labelling and Packaging (分類、表示、包装)	EUのCLP規則(製品の分類、表示、包装)における物質の分類。「主として動物実験のデータからヒトに対して生殖毒性の可能性があると考えられる物質」の分類
WTO-TBT 通報	World Trade Organization-Technical Barriers to Trade (世界貿易機構-貿易の技術的障害に関する協定)	WTO加盟国が、WTO/TBT協定に基づき、法令、規格等の制定又は改正をする際、その原案をWTO事務局に予め通報し、その内容に関して他の加盟国から貿易障害の可能性についてコメントすることができる国際的な手続き
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register System (化学物質排出移動量届出制度)	事業者が自発的に化学物質の管理を促進するシステム。特定の化学物質の環境への放出を定量的にモニターすることによって環境を保全するための如何なる障害も取り除くことを目的とする。データは公表されている

DEHP優先評価化学物質から 一般化学物質への移行に向けての活動 —PRTR 届出量算出適正化への取り組み—

2011年4月1日付で「優先評価化学物質」に指定されたDEHP。2015年度に国により公表されたリスク評価では、優先順位が低とされ、評価Ⅰの段階にとどまっています。可塑剤工業会では、優先評価化学物質に指定されているDEHPを一般化学物質へ移行するため、PRTR排出量の削減を目的とした活動に取り組んでいます。ここでは、その活動の内容及び、今後のリスク評価の計画について紹介します。

1. 活動の背景

2009年に改正され、翌2010年に施行された「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」（以下改正化審法）では、リスク評価の結果に基づく化学物質の規制・管理を目的としている。改正化審法は「有害性クラス×暴露クラス」でスクリーニング評価が実施され、その結果から「優先評価化学物質」が選定され、国により告示される。

「優先評価化学物質」として国から告示された化学物質は、国によるリスク評価（一次）において評価Ⅰ、Ⅱ、Ⅲが実施され、「第二種特定化学物質」または「一般化学物質」に指定される（図1参照）。

DEHPは2011年4月1日付で3省合同の告示により「優先評価化学物質」に指定された。その後、2015年度に国により公表された評価Ⅰの結果では優先順位は低とされ、現在評価Ⅰの段階にとどまっている状況にある。

国の優先評価化学物質の段階的リスク評価の手順フローによると、評価Ⅱの段階での対象物質の暴露評価としては、製造数量等の届出情報に基づく暴露量のモデル推算に加え重層的・多面的な解析・評価として、PRTR届出情報等を利用するとされている（図2参照）。

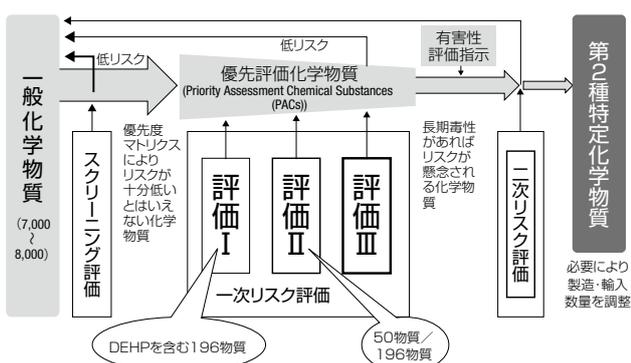


図1. フタレート関連の規制等状況(日本) -改正化審法(2016年4月1日現在)-

2013年に投稿されたCERI安全性評価技術研究所による「フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) の改正化審法に対応した人健康リスク評価の試行」の論文では国によるリスク評価に先駆けて実施したヒト健康に対する評価Ⅱ相当の結果では、リスク懸念個所は2個所のみで地域範囲も限定的であった。この論文で使用されたPRTR排出量は2009年度のデータであったが、2009年度以降の届出排出量データの推移を見ると2009年の110トンから2014年53.6トンとこの6年間で約半分に減少していることが分かる（図3参照）。

このことから、当時リスクが懸念された地域でも現状では排出量も減少していると予想され、リスクは適正にコントロールされていると期待される。

可塑剤工業会では、優先評価化学物質に指定されているDEHPを一般化学物質へ移行するために、さらなるPRTR排出量の適正化を推進している。

2.PRTR 届出量算出適正化への取り組みについて

各事業所の排出量の削減努力や届出数量の適正化への取り組みの成果が表れている一方で届出後データの修正も相次いでおり、届出データの信頼性を高める努力が求められている。

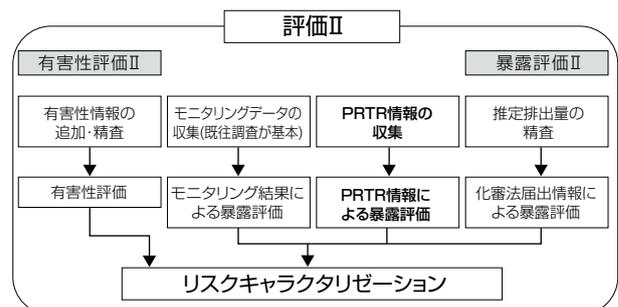


図2. 評価Ⅱ 評価Ⅱ対象となった物質・有害性項目に対して既存情報も利用した重層的な評価

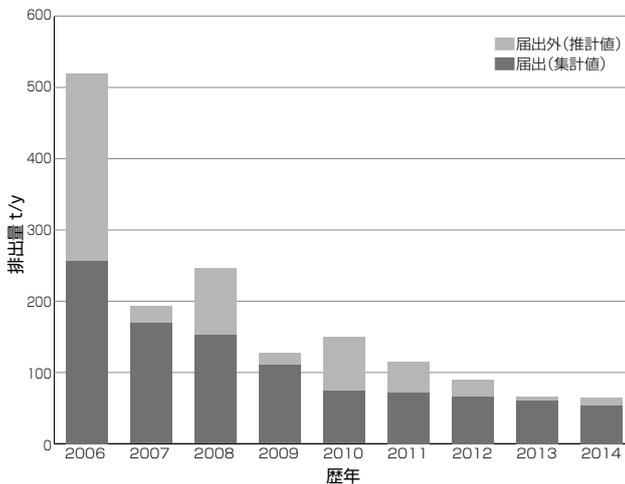


図3. DEHPのPRTR排出量経年変化

●具体的な活動内容

このような状況下、2016年度4月より67の事業所へ文書にて「PRTR届出量適正化への取り組みのお願い」を送付すると共に2009年度～2014年度の6年間のPRTP届出データの集計を行い、ランダムに抽出した11事業所を直接訪問する形で具体的な届出数量の算出方法のヒアリングおよび意見交換を実施している。

●事業所訪問から見てきたもの

訪問した事業所のPVC樹脂加工は主に壁紙・ターポリン・カレンダー・床材であった。また、大半の事業所が排ガス処理設備（電気集塵機等）を設置しDEHPの大気への排出量削減に取り組まれていた。

届出数量の算出方法は、各事業所により多少異なるが主な排出係数の算出方法は以下の通りである。

- A：排ガス処理装置からの排出ガス中のDEHP濃度測定し、その濃度より排出係数を定めている。
- B：ラボスケールで実機の加工条件と同条件で加熱加工し単位重量当たりの揮発量を求め、排ガス処理装置での捕集効率を加味し排出係数を定めている。
- C：DEHPの使用量と製品や廃棄物中のDEHPの含有量を算出し、その物質収支から排出係数を定めている。

ヒアリング、意見交換の情報から、大気への排出係数は概ね0.05～0.15%であった。

表1.塩ビ樹脂加工方法毎のDEHPの排出率

製品	フィルムシート		レザー		コンパウンド	壁材	
	カレンダー	押出	非発泡	発泡			
加工法	カレンダー	押出	カレンダー		押出	コーティング発泡	
排出率 (%)	排出ガス処理無	0.40	0.03	2.00	5.00	0.01	2.00
	排出ガス処理有	0.04	0.00	0.13	0.15	0.00	0.05

精度的にみると、Aの排ガス処理設備からの排出ガス中のDEHPを直接分析している事業所の排出係数は0.05%程度であり、この排出係数は過去に実施された日本ビニル工業会の調査資料に記載されている排ガス処理設備を設置している場合の排出係数と概ね合致しており、比較的精度の高い算出方法であると考えられる（表1参照）。

事業所によっては排ガス処理設備を設置しているにもかかわらず高い排出係数で算出している事業所も散見されたことから、より精度が高い排ガス中のDEHP濃度の分析による算出方法を推奨している。

また、事業所間で排出量の算出方法が異なる事業所もあり届出数量適正化への協力をお願いしているところである。

●次年度以降への期待

これらの排出係数算出の適正化の取り組み活動を通し、次年度以降から適正な算出方法による届け出が行われることが見込まれ、2014年度の53.6トンからさらなる排出量の削減が期待できるものと思われる。

3. 今後のリスク評価の計画

前述したようにリスク評価Ⅱでは、国の指針としてPRTR情報を用いる場合はPRTR届出事業所を排出源に設定し、それらの排出源の周辺に居住する一般住民又は生育・生息する生活環境動植物が暴露されるシナリオを用い、暴露評価を行うことになっている（図4参照）。

今後、国が公表しているPRTR排出量、年間気象データ等を基に独立行政法人産業技術総合研究所で開発されたAIST-ADMERによる大気濃度マップ及び、今回の事業所訪問の活動で得られた情報をもとに固定排出源を設定し、PRAS-NITE等の数理モデルもしくは、モニタリングによるリスク評価を実施する計画である。

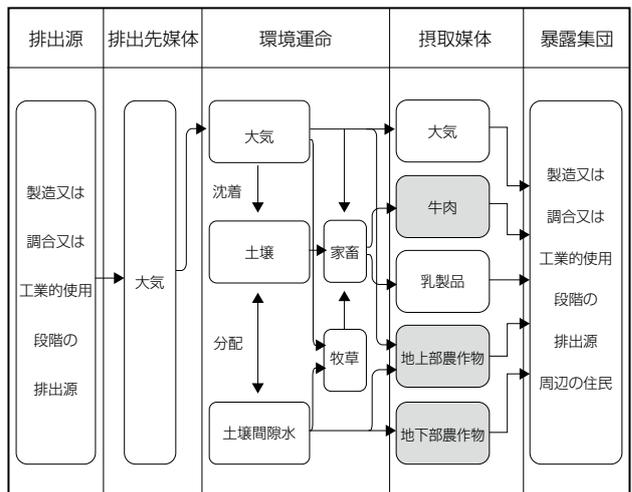


図4.大気へ排出した化学物質に人が環境経由で暴露される経路

高分子の耐熱性を向上させる逆可塑剤

大阪大学大学院理学研究科高分子科学専攻 講師 浦川 理

可塑剤の高分子材料への添加は、材料に柔軟性を与え、成形加工性を向上するために用いられることが多いが、分子間の相互作用に着目した研究は少ない。そこで、高分子 / 低分子混合系において、水素結合性相互作用が重要な役割を果たす場合について例を挙げ、低分子添加剤の新しい可能性について実験を行いました。

1. 緒言

高分子材料の物性を制御する目的で、性質の異なる高分子を混合するポリマーアロイという手法が古くから用いられている。A/B 混合系において相溶化を達成するためには、相互作用パラメータ χ （分子間相互作用の程度を表すパラメータで温度や分子量の関数）が、その臨界値 $\chi_{critical}$ より小さい必要がある。Flory-Huggins の格子理論^{1,2}によると、 $\chi_{critical}$ は次式で与えられる。

$$\chi_{critical} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{N_A}} + \frac{1}{\sqrt{N_B}} \right)^2 \quad (1)$$

ここで、 N_A , N_B は一つの格子点に配置する高分子の単位をモノマーとした時の A, B の重合度であり、これらの値は非常に大きい（一般に、 $N_A, N_B \geq 100$ ）、高分子ブレンドでは $\chi_{critical} \sim 0$ となる。その結果、相溶化を達成するには、 χ を0に近い状態か負の値にする必要があり、分子間相互作用の制御が重要となる。言い換えると、相溶する高分子のペアは非常に限定されたものになる。一方、(1)式において、 $N_B=1$ とした場合が、高分子 / 低分子可塑剤の混合系に対応し、この場合は $\chi_{critical} \sim 1/2$ となるので、相溶化の条件は高分子 / 高分子混合系と比べかなり緩和される。そのため、分子間相互作用にそれほど気を使う必要がなく、均質な材料を得ることができる。

可塑剤の高分子材料への添加は、材料に柔軟性を与え、成形加工性を向上するために用いられることが多く、そこで求められる可塑剤の特性としては、溶解性と不揮発性（高沸点）である。しかしながら、分子間相互作用に着目した研究は少ないように思える。これは、上記したように低分子系の一般的な溶解性の高さ故に、相互作用をさほど気にする必要がないためであろう。著者らは水素結合等の特異な相互作用の導入による高分子材料の物性制御について、高分子ブレンド系を中心に基礎

的な研究を行っている^{3,5}。本報では、高分子 / 低分子混合系においても、水素結合性相互作用が重要な役割を果たす場合について例を挙げ、低分子添加剤の新しい可能性について考えたいと思う。

2. 実験

分子間水素結合する高分子 / 低分子混合系として、プロトンアクセプターであるポリ(2-ビニルピリジン) (P2VP) (Polymer Product Inc. から購入した重量平均分子量 $M_w=3.9 \times 10^4$ 、分子量分布の指標 $M_w/M_n = 1.7$) とプロトドナー性の低分子であるトリスフェノール (trisPh) (東京化成工業株式会社から購入) を用いた。図1に P2VP と trisPh 間に形成される水素結合の模式図を示す。

これらの試料をそれぞれ 10wt% ~ 30wt% の均質なエタノール溶液とし、それら二つの溶液を混合した。その結果、エタノールに不溶の沈殿物が生じた。これは分子間水素結合によって形成された会合体がエタノール中で不溶化して析出した結果であり、図1に示した分子間水素結合の形成を強く支持する。さまざまな組成の試料は、混合する2種類の溶液の濃度や混合体積比を変えることで調製した。正確な混合組成は、残存溶媒であるエタノールを真空乾燥により完全に除去した後に、元素分析測定により決定した。

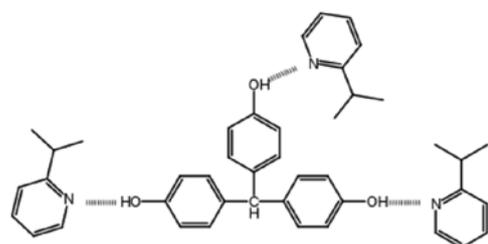


図1. P2VP と trisPh 間に形成される水素結合の構造

3. 結果と考察

図2に P2VP/trisPh 混合系に関する赤外吸収スペクトルの測定結果を示す。純成分では、992cm⁻¹ 付近に P2VP のピリジン環の振動が、1015cm⁻¹ 付近に trisPh のベンゼン環の振動がみられる。一方、混合試料の測定結果には、P2VP と trisPh の単一系に見られなかった水素結合成分に由来する吸収ピークが 1005cm⁻¹ 付近に存在することがわかる。これは定性的ではあるが、分子間水素結合の形成を支持する結果である。

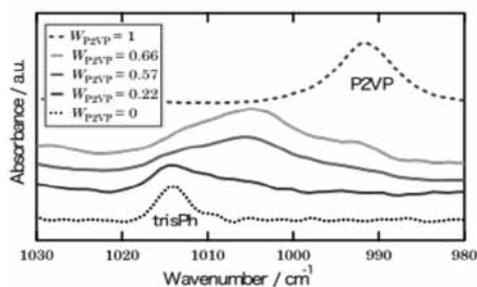


図2.P2VP/trisPh 混合系の赤外吸収スペクトル

P2VP/trisPh 混合系の示差走査熱量 (DSC) 測定を行ったところ、すべての組成の試料で、単一のガラス転移が観察された。このことは、これらの混合系が均一であることを示している。各試料のガラス転移温度 T_g の重量分率 W_{P2VP} 依存性を図3に示す。通常、均一混合系の T_g はその組成依存性が下に凸の曲線となり、(2) 式 (Gordon-Taylor 式)⁶ で表現できる場合が多いが、この系では $T_g(W_{P2VP})$ が上に凸となり、P2VP ホモポリマーの T_g よりも高くなることがわかる。つまり、trisPh が逆可塑剤として働いていることになる。このような組成依存性を表す経験式として、一般に (3) 式 (Kwei 式)⁷ が用いられる。

$$T_g = \frac{w_A T_{g,A} + k w_B T_{g,B}}{w_A + k w_B} \quad (\text{Gordon-Taylor 式}) \quad (2)$$

$$T_g = \frac{w_A T_{g,A} + k w_B T_{g,B}}{w_A + k w_B} + q w_A w_B \quad (\text{Kwei 式}) \quad (3)$$

これらの式で、 k はガラス転移の際の熱容量のジャンプ幅 (ΔC_p) の比 ($k = \Delta C_{p,1} / \Delta C_{p,2}$) として表される。また q は分子間の引力相互作用の強さを表すパラメータである。ここでは $k = 1$ 、 $q = 200 \text{ K}$ として計算した結果を点線で、(1) 式の結果 (実線) とともに図中に示している。(3) 式は、P2VP (本研究で用いたのと同じ試料) に、 $M_w = 2.0 \times 10^3$ および 5.0×10^3 のポリビニルフェノール PVPh を混合した系の $T_g(W_{P2VP})$ も再現し、その場合 $q = 190 \text{ K}$ ($M_w, \text{PVPh} = 2.0 \times 10^3$) および 150 K ($M_w, \text{PVPh} = 5.0 \times 10^3$) となることがわかつ

ている⁵⁸。つまりフェノール成分のサイズ (分子量) 低下により、 q の値が大きくなる傾向があり、trisPh の場合が最大となっている。これは低分子量フェノールの方が効率的に水素結合を形成し、 T_g を増加させる効果が強いことを示唆している。

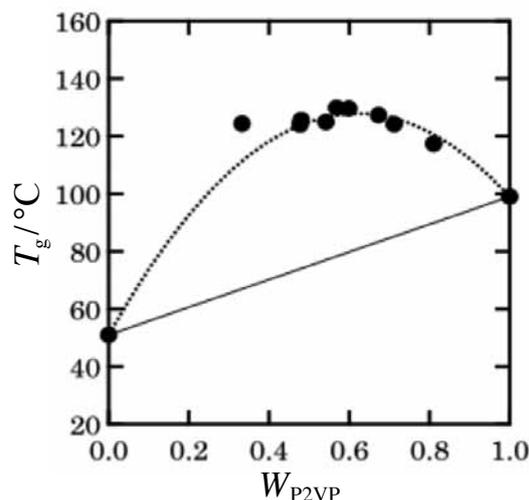


図3.P2VP/trisPh系に関する T_g のP2VP組成依存性。実線は(1)式を、点線は(2)式を表す

通常、高分子材料に低分子成分を添加すると T_g の低下が起こるが、P2VP/trisPh 系のように比較的強い分子間相互作用である水素結合を導入することで、逆の現象 (逆可塑化) が引き起こされる。これは、高分子材料の物性を制御する低分子添加剤の新しい可能性を示すものと言える。

〈参考文献〉

1. P. J. Flory, "Thermodynamics of High Polymer Solutions", J. Chem. Phys., 10, 51 (1942).
2. M. L. Huggins, "Some Properties of Solutions of Long-chain Compounds", J. Phys. Chem., 46, 151 (1942).
3. O. Urakawa, H. Ikuta, S. Nobukawa, T. Shikata, "Small-Angle Neutron Scattering Study on the Miscibility and Concentration Fluctuation of Hydrogen Bonded Polymer Blends", J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys., 46, 2556 (2008).
4. 浦川理, "水素結合が高分子の熱的・力学的性質におよぼす影響", 高分子, 64, 95 (2015).
5. 安江彩, 岡田祐樹, 浦川理, 井上正志, "水素結合性ポリマーブレンドのガラス転移温度の検討", 材料, 64, 43 (2015).
6. M. Gordon, J. S. Taylor, "Ideal Copolymers and the Second Order Transitions of Synthetic Rubbers. I. Non-Crystalline Copolymers", J. Appl. Chem., 2, 493 (1952).
7. T. K. Kwei, "The Effect of Hydrogen Bonding on the Glass Transition Temperatures of Polymer Mixtures", J. Polym. Sci. Polym. Lett. Ed., 22, 307 (1984).
8. 安江彩, "ポリビニルピリジン / ポリビニルフェノール混合系の熱的・力学的特性", 大阪大学大学院理学研究科 修士論文 (2016).

可塑剤工業会通信 [DATA BOX] 調査データ

フタル酸エステルの環境濃度調査結果

可塑剤工業会では、フタル酸エステルが環境に影響を与えていないことをチェックするため、1993年以降、毎年継続して環境濃度調査を行っています。2016年(平成28年)春季の調査結果がまとまりましたのでご紹介いたします。

■フタル酸エステル (DEHP、DBP、DINP) の環境濃度調査結果

(単位: $\mu\text{g/L} = 0.001\text{mg/L}$)

採取場所	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
	春季	春季	春季	春季	春季	春季	春季	春季	春季	春季
関東地区	奥多摩湖	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	多摩川羽村取水口	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	多摩川二子橋	DEHP:0.2	—	—	DEHP:0.9	—	—	DEHP:0.3	—	DEHP:0.4
	多摩川大師橋	—	—	—	—	DEHP:0.8	—	—	—	—
	あきる野市地下水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	世田谷区地下水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	墨田区地下水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	横浜市栄区水道水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	墨田区水道水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	東京湾A	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	東京湾B	—	—	—	—	—	—	—	—	—
関西地区	琵琶湖近江大橋	—	—	—	DBP:0.3	—	—	—	—	—
	宇治川観月橋	—	—	—	DEHP:0.3 DBP:0.7	—	—	—	—	—
	淀川枚方大橋	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	淀川伝法大橋	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	宇治市地下水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	寝屋川市地下水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	大阪市天王寺区地下水	DEHP:0.3	—	—	—	—	—	—	—	—
	大阪市西淀川区水道水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	加古川市水道水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	大阪湾A	—	—	—	—	DEHP:0.4	—	—	—	—
	大阪湾B	—	—	—	—	DEHP:0.3	—	—	—	—

調査委託先 [一般財団法人 化学物質評価研究機構]

※—印は DEHP、DBP、DINP ともに定量限界値未満 (定量限界値: DEHP、DBP = $0.2 \mu\text{g/L}$ 、DINP = $1 \mu\text{g/L}$)。※東京湾 A: 東京湾観音から観音崎に向かって 3.5km の地点 東京湾 B: 袖ヶ浦市中袖地区岸壁寄りの地点。※大阪湾 A: 神戸市ポートアイランドの海岸寄りの地点 大阪湾 B: 泉大津市岸壁寄りの地点。※あきる野市地下水: 2010 年に井戸水から湧水に変更。

可塑剤工業会

〒107-0051 東京都港区元赤坂 1-5-26 東部ビル 1F TEL. 03-3404-4603 FAX. 03-3404-4604

ホームページ <http://www.kasozai.gr.jp>

●本件に関するお問い合わせは、可塑剤工業会 山崎英夫まで